

КЛИМАТИЧЕСКИЙ HI-TECH «ОХТЫ»

Практика проектирования инженерных систем обеспечения внутреннего микроклимата высотных комплексов, с одной стороны, повторяет общепринятые схемы и решения, известные для зданий аналогичного функционального назначения, с другой, безусловно, должна учитывать специфику высотного строительства. Начальное конструирование высотных зданий также имеет свою специфику объемной формы, пропорций, выбора конструктивных систем и элементов. Поэтому, например, в связи с интенсивностью ветровых воздействий основным вариантом формы высотного здания является башня с повышенной устойчивостью и обтекаемостью объема – цилиндрического, пирамидального, призматического со скругленными углами.



Евгений Болотов,
генеральный
директор ООО
«ВАК-инжиниринг»



Павел Болотов,
ведущий инженер
ООО «ВАК-
инжиниринг»,
аспирант МГСУ

Архитектурно-планировочные решения большинства многофункциональных высотных комплексов предусматривают, как правило, высотную и стилобатную части, в том числе и здания меньшей высоты, объединенные с башней крытыми переходами, общими холлами, подземной частью и т.п.

Все здания многофункционального комплекса, имеющие общие гидравлические связи, необходимо рассматривать как единую технологическую систему (ЕТС). При определении расчетных нагрузок требуется учитывать взаимное влияние разновысотных частей здания или комплекса зданий. В этом случае расчетные мощности отопительных приборов ряда помещений нижнего уровня башни имеют тенденцию к обоснованному значительному росту.

Фасады высотной части башни находятся под воздействием интенсивного ветрового напора и гравитационного перепада давления внутреннего и наружного воздуха. При низких расчетных температурах наружного воздуха (-30°C для высотных комплексов Москвы и Санкт-Петербурга), значительной высоте здания и большой скорости ветра на верхних уровнях перепады давления воздуха также значительны. Это определяет необходимость учитывать особенности воздушно-теплового режима высотного здания и принимать ряд дополнительных мер по снижению расхода воздуха на инфильтрацию и эксфильтрацию соответственно.

В расчетах воздухопроницаемости наружных ограждений при определении разности давлений воздуха внутри и снаружи здания, а также при расчете потерь тепла наружными ограждающими конструкциями, воздушного режима,



параметров наружного воздуха в местах размещения воздухозаборных устройств необходимо учитывать изменение ветрового напора по высоте здания. При этом расчетную скорость ветра определяют с учетом коэффициента изменения ветрового напора по высоте здания и результатов аэродинамических испытаний. Следует учитывать снижение температуры наружного воздуха по высоте здания в холодный и теплый периоды года, а также мощные конвективные потоки на фасадах, облучаемых солнцем. Для высотных зданий используют наружное остекление с повышенным коэффициентом сопротивления воздухопроницанию. При проектировании разновысотного комплекса зданий указанное требование распространяется на все наружное остекление комплекса, включая и стилобатную часть, которая рассматривается как единая технологическая система. Однако даже при

таких малых удельных расходах воздуха при значительной площади остекления современных зданий весьма высоки показатели суммарного расхода холодного наружного воздуха в нижней части высотного здания (инфильтрация).

Для сокращения инфильтрации наружного воздуха, исключения продувания в холодный период через наветренные фасады в нижней части здания может быть реализован переменный положительный дисбаланс – превышение расхода подаваемого воздуха (приток) над удаляемым (вытяжка).

В силу конструктивных особенностей высотного здания его инженерные системы характеризуются большими величинами удельных расходов тепловой и электрической энергии, включая и системы холодоснабжения со встроенными холодильными машинами. Серьезным фактором, определяющим значительные тепло-

вые и холодильные нагрузки, является тенденция к увеличению доли остекленных поверхностей фасадных конструкций, доходящая для ряда современных зданий до 100%. При значительном прогрессе в улучшении теплотехнических характеристик ограждающих фасадных конструкций сложно обеспечить требования действующих нормативных документов. МГСН 4.19–2005 ограничивает удельный расход тепловой энергии на отопление многофункциональных зданий высотой до 150 м – 95 кВт·ч/м² за отопительный период для жилых помещений и гостиниц, 127 кВт·ч/м² для офисов и 120 кВт·ч/м² для офисов в здании выше 150 м. МГСН 4.19–2005 также определяет нормируемые значения сопротивления теплопередаче (R) ограждающих конструкций в зависимости от типа помещений и высоты здания. Для стен зданий свыше 150 м нормируемые значения R для гостиниц



В высотных зданиях требуется поддерживать оптимальные параметры внутреннего микроклимата

и жилых помещений – $3,55 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$, для офисов – $3,05 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$.

При значительной площади остекления сложно обеспечить требование действующих нормативных документов по ограничению температурного перепада между внутренним воздухом и температурой на внутренней поверхности ограждающих конструкций в офисных зданиях не более $4,5\text{°C}$ при температуре на внутренней поверхности остекления, соответственно, не ниже $17,5\text{°C}$.

Исключение возможности конденсации влаги на холодных остекленных поверхностях или обмерзания фасадных конструкций при наличии постоянного потока увлажненного внутреннего воздуха через ограждающие конструкции (эксфильтрация) – одна из проблем проектирования высотных зданий в условиях сурового российского климата.

В высотных зданиях требуется поддерживать оптимальные параметры внутреннего микроклимата, включая температуру, влажность и подвижность внутреннего воздуха. При этом при реализации проекта заказчик ожидает оптимальных (или минимальных) затрат на закупку оборудования и производство монтажных работ. В то же время, как уже было сказано выше, высотные комплексы характеризуются значительными величинами потребления тепловой и электрической энергии, дефицитной в условиях плотной городской застройки. Повышение показателей энергоэффективности проекта и снижение эксплуатационных затрат – одна из основных задач современного проектирования.

Среди инженерных систем самое большое количество электроэнергии потребляет система холодоснабжения. Рост необходимой мощности для кондиционирования высотных зданий вызван повышением доли остекления наружных фасадных конструкций, необходимостью в дополнительных холодильных мощностях для конденсации и удаления избыточной влаги из подаваемого наружного воздуха при контроле влажности внутреннего воздуха. Он обусловлен и необходимостью принимать более низкие начальные параметры холодоносителя для компенсации повышения его температуры на промежуточных теплообменниках каскадной схемы для удаленных потребителей при центральном едином холодильном центре. Кроме того, использование высокоэффективного компрессора центробежного типа при расчетных

холодильных нагрузках более 1 МВт для централизованной схемы холодоснабжения позволяет более чем в 2 раза снизить установленную электрическую мощность холодильных машин.

Сокращение энергетических затрат в значительной степени обусловлено выбором оптимальной схемы холодоснабжения, а также систем кондиционирования воздуха и схем организации воздухообмена. Для выбора оптимальных схем целесообразно осуществлять совместное вариантное проектирование систем холодоснабжения с выбором схемы (централизованной или децентрализованной) вентиляции с учетом основных определяющих факторов и с технико-экономическим обоснованием принятых решений.

Вот лишь некоторые из широкого комплекса задач, подлежащих решению при проектировании инженерных систем современных высотных многофункциональных комплексов.

Компания RMJM Scotland Ltd. (Великобритания), имеющая огромный опыт проектирования сложных и уникальных объектов по всему миру, в том числе и высотных зданий, завершила разработку архитектурно-конструктивной части проекта общественно-делового центра «Охта», который возведут в Санкт-Петербурге на том месте, где река Охта впадает в Неву.

Проект систем отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, холодоснабжения, включая и холодильные центры, выполнен российской компанией ООО «ВАК-инжиниринг» (Москва).

Многофункциональный высотный комплекс представляет собой группу из четырех стилобатных зданий, объединенных остекленным крытым общественным двором (КОД) и стеклянными атриумами. Центральной частью композиции является 80-этажная башня высотой 396 м. Стилобатные здания располагаются полукругом между башней и рекой Охта. Их высота постепенно увеличивается от входа в КОД и достигает 69 м. Под комплексом будет построена четырехуровневая автостоянка.

Архитектурный облик здания имеет исторические параллели – ранее на этом месте находилась шведская крепость Ниеншанц, построенная в форме пятиконечной звезды. В горизонтальной проекции башню предполагается выполнить также в форме пятиконечной звезды, лучи которой расходятся от центрального круглого ядра. Пространство между



двумя фасадами башни использовано для создания двухуровневых световых холлов – буферных зон, выполняющих также энергосберегающую функцию. Из этих холлов, расположенных по периметру здания, открываются незабываемые виды на город.

План башни предусматривает круглое центральное ядро, окруженное пятью одинаковыми квадратами офисных помещений.

В башню можно попасть с нескольких уровней, в том числе с подземного этажа, через фойе, из которого есть доступ к лифтам конференц-залов и общим лифтам, и через входы по стеклянным мостикам из крытого общественного двора на уровне 1-го и 2-го этажа. Просторное фойе, впечатляющее своим грандиозным масштабом, позволяет большому количеству людей беспрепятственно проходить в башню.

Большая часть офисных помещений – открытое пространство. Как правило, на каждом этаже при лифтовом холле располагаются приемная зона, гардеробы, копи-

ровальные, помещения IT, переговорные, обеденные зоны и санузлы. В башне помимо офисов предусмотрены конференц-залы и отдельные обеденные залы, архивы. Верхние этажи башни будут доступны для посетителей. Там откроют ресторан (вращающаяся антресоль) полного цикла с кухней и обзорную площадку.

Здания стилобатной части комплекса различаются по своему функциональному назначению и включают: спорт-залы, бассейн, трансформируемый зал для конференций, места для работы прессы, переговорные, медицинский и учебный центры, рестораны класса «люкс», музей. В плане здания представляют собой стеклянные многогранники, объединенные многосветными атриумами.

Башня относится к высшему классу офисных зданий – «А», поэтому проектом предусматривается система кондиционирования 1-го класса с обеспечением оптимальных параметров внутреннего воздуха в офисных помещениях.

В дополнение к требованиям МГСН 4.19–

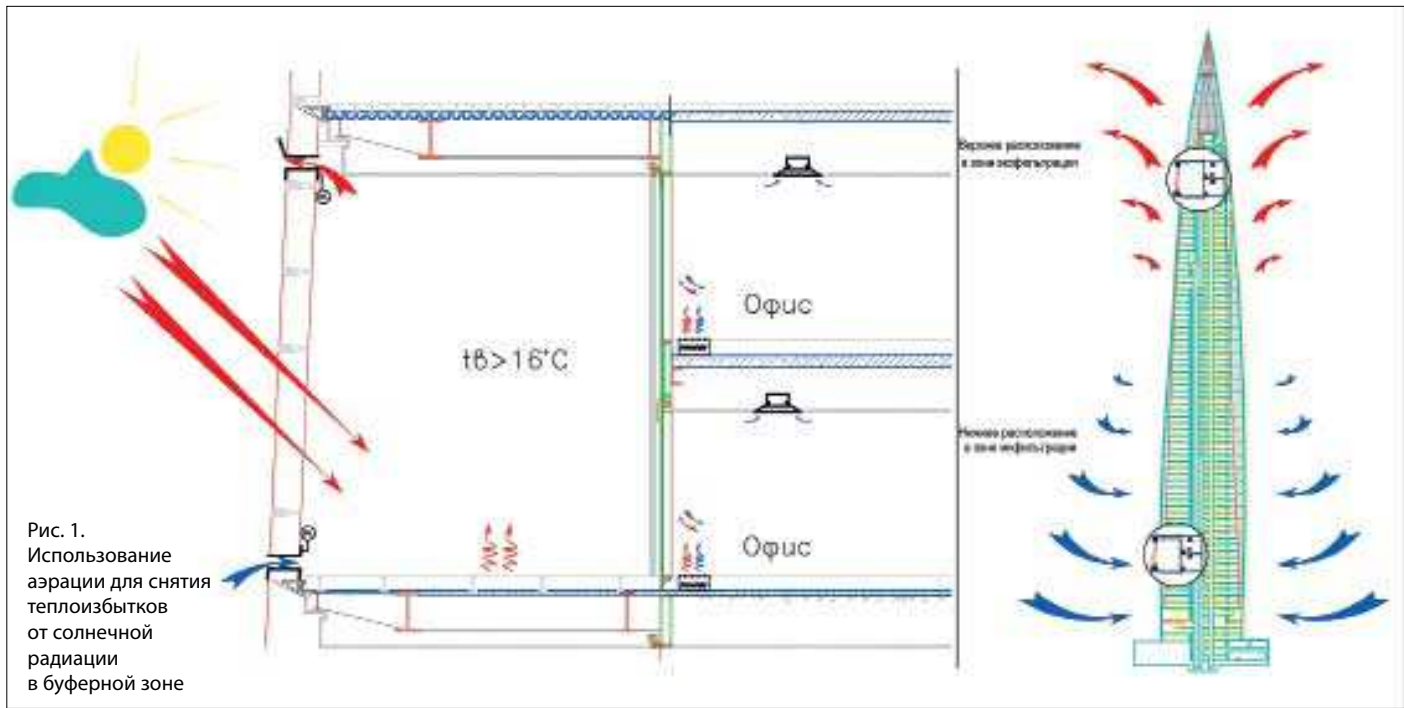


Рис. 1. Использование аэрации для снятия теплоизбытков от солнечной радиации в буферной зоне

2005 и согласно техническому заданию заказчика для обеспечения внутреннего микроклимата офисов класса «А» с учетом повышенной площади остекления и технических требований к внутренним помещениям принята система кондиционирования 1-го класса со средней необеспеченностью 70 ч/г при односменной работе в дневное время ($K = 0,98$). Расчетные параметры принимаются в пределах оптимальных, но с более жесткими требованиями по амплитуде колебаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, с учетом эксфиль-

трации внутреннего влажного воздуха через фасадные конструкции верхней части башни и возможной конденсации на внутренней поверхности наружного остекления буферной зоны. Для систем вентиляции приняты допустимые параметры ($K = 0,92$).
 Типовой этаж башни имеет форму пятилучевой звезды, где размещены офисы, конференц-залы, обеденные залы (рестораны) и т.п. Обслуживаемая (полезная) площадь ограничена внутренним остеклением внешней двухэтажной буферной (промежуточной) зоной двух типов:

широкой и узкой, по пять на этаж.
 Буферные зоны – архитектурно-планировочный элемент здания. Они рассматриваются как пространство между двумя вертикальными поверхностями остекленного фасада (наружного и внутреннего), имеющего практически одинаковые термические сопротивления теплопередаче (аналог межстекольного пространства). Буферные зоны не предназначены для постоянного пребывания в них людей и параметры внутреннего воздуха в них не нормируются. Они определяются возможностью обеспечить оптимальные параметры внутреннего микроклимата в офисной части здания за счет уменьшения трансмиссионных потерь тепла через наружные фасадные конструкции. Они также решают задачу сокращения поступления тепла от солнечной радиации за счет его локализации в буферной зоне с последующей ассимиляцией наружным воздухом, поступающим через аэрационные клапаны в наружной поверхности остекления. Использование аэрации в буферных зонах позволяет более чем в 2 раза снизить нагрузку на системы холодоснабжения. Принципиальная схема использования аэрации для снятия избытков тепла в буферной зоне представлена на рис. 1.

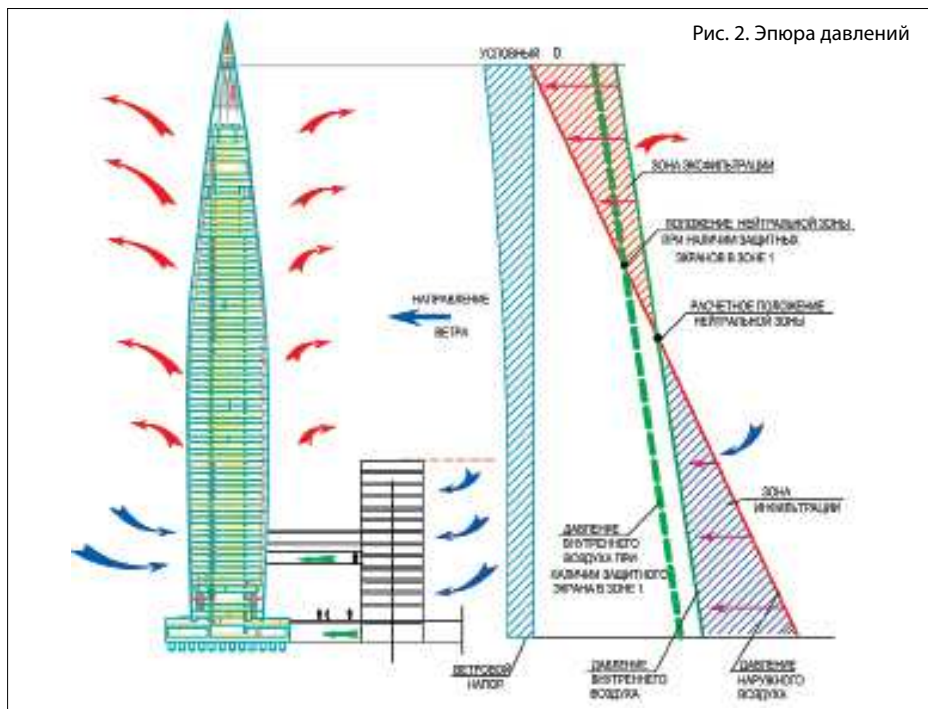


Рис. 2. Эпюра давлений

чением по поступлению тепла от солнечной радиации.

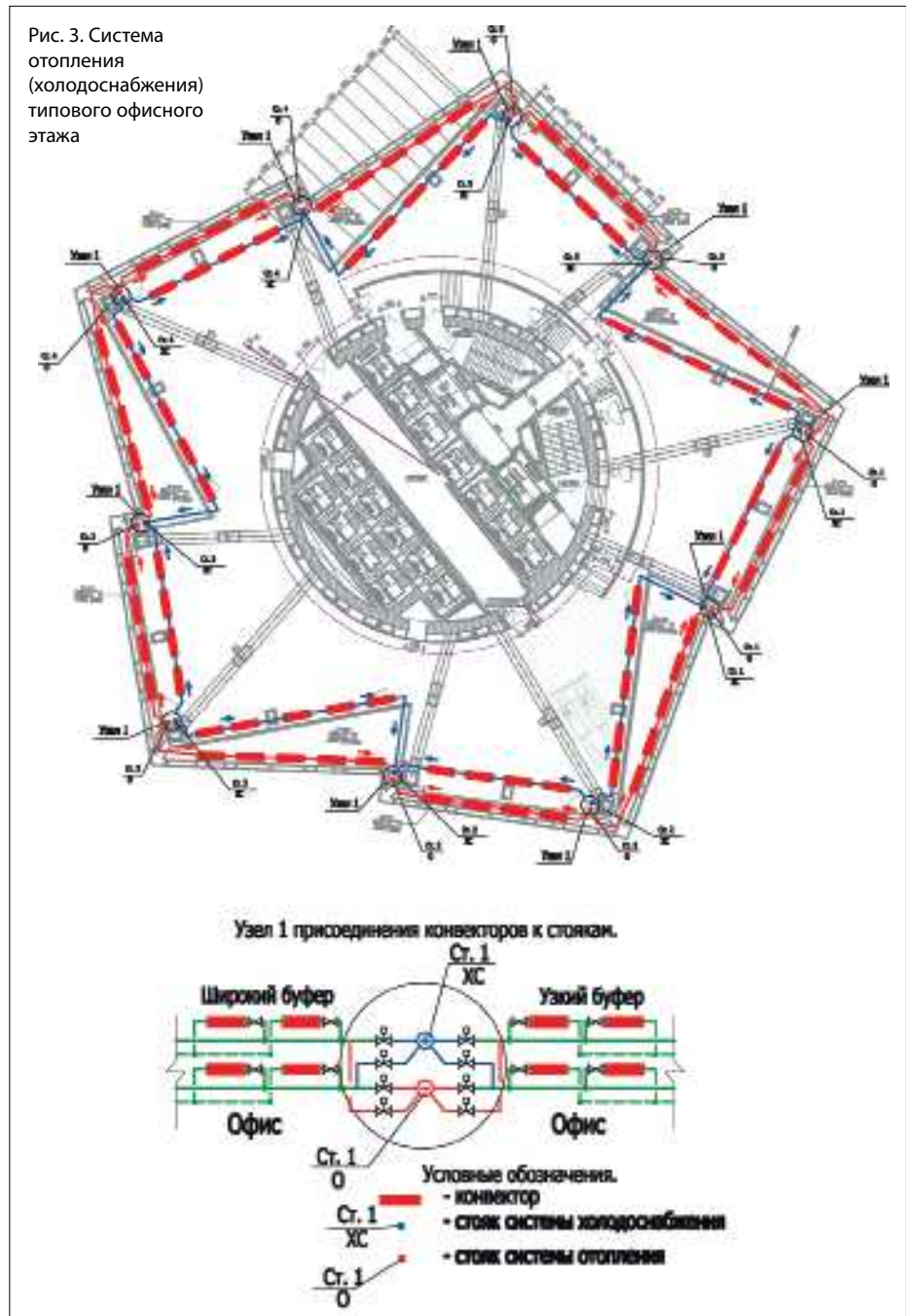
Фасады высотной части башни находятся под воздействием как ветрового напора (скорость ветра часто превышает 10 м/с в холодный период), так и значительного гравитационного перепада давления, вызванного разностью плотностей наружного (1,45 кг/м³) и внутреннего (1,2 кг/м³) воздуха при расчетной высоте здания 413,5 м (17,5 м – подземная часть, 396 м – надземная). Значительный (более 500 Па) перепад давления воздуха внутри здания и на внешних фасадах обуславливает необходимость принятия мер по снижению расхода воздуха на инфильтрацию и эксфильтрацию соответственно. Эпюра давлений представлена на рис. 2.

Остекление как наружного, так и внутреннего фасадов с учетом высотности здания выполнено с повышенным коэффициентом сопротивления воздухопроницанию не более 1,5 м³/м² ч при перепаде давления 600 Па. Однако сочетание значительных перепадов давления и большой площади остекления фасадов (более 50 тыс. м²) требует учета нагрева воздуха, поступающего за счет инфильтрации, при определении тепловых нагрузок на систему отопления, в том числе размещения отопительных приборов в буферных зонах, чтобы исключить конденсацию влаги на внутренней поверхности остекления наружного фасада. Указанное решение позволяет обеспечить высокую температуру на внутренней поверхности внутреннего остекления (обращенного к офису) и температурный перепад между внутренним воздухом и температурой на внутренней поверхности ограждающих конструкций не более 4,5°C при температуре на внутренней поверхности стекла 17,5°C согласно требованиям действующих нормативных документов.

Внутренние двери для выхода из офиса в холл сделают двойными с повышенным сопротивлением воздухопроницанию для всех уровней башни. Чтобы уменьшить инфильтрацию наружного воздуха, исключить продувание в холодный период через наветренные фасады и в нижней части здания, поэтажными приточно-вытяжными системами реализуется переменный положительный дисбаланс – превышение расхода подаваемого воздуха (приток) над удаляемым (вытяжка) в объеме 10%.

Отопление башни предусмотрено водяное, по независимой схеме от индивидуальных тепловых пунктов (ИТП) системы

Рис. 3. Система отопления (холодоснабжения) типового офисного этажа



централизованного теплоснабжения комплекса, которые расположены на технических этажах.

Для холлов, помещений подземной части здания в рабочее время предусмотрен дополнительный перегрев приточного воздуха для компенсации потерь тепла и выравнивания температурного поля указанных помещений.

Для офисных зон, холлов, обеденных и конференц-залов система отопления совмещена с системой холодоснабжения с использованием встраиваемых в пол современных отопительных приборов (напольных конвекторов двойного назначения: нагрев и охлаждение). Они расположены по периметру внутреннего и наруж-

ного фасадов. Стойки фасадных систем отопления и охлаждения – отдельные. Присоединение приборов – поэтажное, по двухтрубной схеме, через отсекающие (регулирующие) вентили с электроприводом. Движение тепло-, холодоносителя – попутное. Системы гидравлически сбалансированы. Перепад температуры в режиме охлаждения – 5°C с параметрами воды для исключения образования конденсата 14–19°C. Для системы отопления параметры воды приняты 85–60°C

Таким образом, системы – горизонтальные, поэтажные, с попутным движением тепло- и холодоносителя, с групповым (для буферных зон) и индивидуальным (для офисов) регулированием приборов.

С учетом движения солнца и, соответственно, характера изменения тепловой или холодильной нагрузки, а также возможности работы разноориентированных приборов одного этажа в режимах как охлаждения, так и нагрева система разбита в пределах каждого этажа на 10 независимых по выбору режимов групп приборов. Принципиальная схема системы отопления представлена на рис. 3. Схема установки приборов показана на рис. 4. Разводка трубопроводов выполнена в пространстве фальшпола по периметру стен.

В целях экономии тепла и создания в основных помещениях здания комфортных условий нагревательные приборы снабжаются термостатическими регуляторами для индивидуальной регулировки теплоотдачи приборов по отдельным помещениям. Главные стояки снабжаются автоматическими регуляторами перепада давления; горизонтальные поэтажные ответвления – балансировочными клапанами.

Рабочая температура для систем теплоснабжения воздушнонагревателей первого подогрева в составе АНУ с учетом утилизации тепла холодильных машин принята 85–600°C, для теплообменников второго подогрева температура понижена до 50–45°C для теплого и холодного периодов.

В тамбурах у главных входов в здание предусмотрены воздушно-тепловые завесы. Для уменьшения расхода воздуха на инфильтрацию основные входы в здание сделаны с тамбур-шлюзами. Одновременно в вестибюлях входных зон предусматривается подпор воздуха за счет работы приточных систем.

Предусмотрены самостоятельные системы кондиционирования воздуха и приточно-вытяжной вентиляции, раздельные для разных пожарных отсеков и функциональных зон башни.

Для поддержания требуемых параметров внутреннего воздуха в конференц-залах, ресторанах и кафе запроектированы отдельные для каждого зала центральные системы кондиционирования воздуха, производительность которых определена из условия ассимиляции тепло-, влаговыведений. Чтобы максимально использовать охлаждающий потенциал наружного воздуха, системы предусмотрены с рециркуляцией для ограниченного оптимального диапазона температур наружного воздуха (в холодный период – не ниже –5°C для исключения обмерзания). При более низких температурах наружного воздуха в холодный период и высоких в теплый, когда рециркуляция не экономична, систе-

мы функционируют в режиме прямого тока с утилизацией тепла (холода) в регенеративных (вращающихся) высокоэффективных (КПД = 85%) утилизаторах.

Для регулирования расхода воздуха в период малой загрузки предусмотрена установка частотных регуляторов на электродвигателях вентиляторов. Расход наружного воздуха в режиме рециркуляции составляет не менее 20 м³/ч на одного посетителя (из условия обеспечения санитарной нормы на человека при временном пребывании до двух часов в одном помещении). При других режимах функционирования систем расход приточного воздуха может быть увеличен до

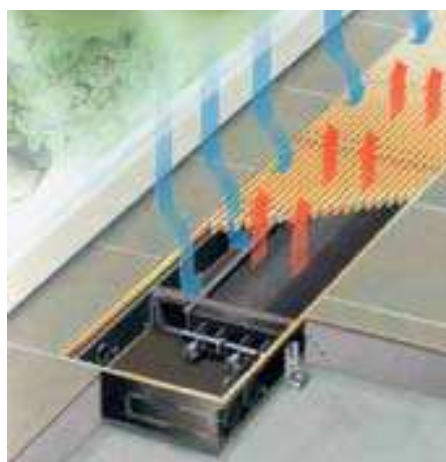


Рис. 4. Установка периметральных систем нагрева и охлаждения

более качественных показателей – 100 м³/ч. Соответственно воздушные клапаны оснащены приводами с пропорциональным регулированием.

Приточная и вытяжная установки собраны на одной раме, включая испарители и конденсаторы встроенной холодильной машины, для обеспечения первичного охлаждения приточного воздуха в теплый период года при утилизации теплового потенциала удаляемого воздуха и сокращения суммарной холодильной мощности системы холодоснабжения башни.

Схема организации воздухообмена в залах «сверху – вверх» осуществляется низкоскоростными малощумными воздухохораспределителями, обеспечивающими подвижность воздуха в рабочей зоне не более 0,2 м/с.

Для защиты воздуховодов и оборудования в составе вытяжных установок, обслуживающих местные отсосы горячих цехов, имеются дополнительные фильтры – жироловители – и предусмотрен дополнительный воздушный обдув электродвигателей,

а при высокой температуре удаляемой среды и их водяное охлаждение.

Для сокращения воздухообмена в горячих цехах предусмотрена установка высокоэффективных активированных местных локализирующих отсосов от технологического оборудования с подачей приточного воздуха. Чтобы исключить распространение запахов по внутреннему объему башни, предусмотрен отрицательный дисбаланс не только для горячих цехов и доготовочных, но и для всей зоны питания (этажа). Уровень дисбаланса меняется в зависимости от климатических условий.

В холлы и вестибюли входных групп предусмотрена подача приточного воздуха в объеме не менее 2 крат. В теплый период года будут работать системы с предварительным охлаждением приточного воздуха. Для ассимиляции избыточных теплоступлений по периметру витражей установлены напольные конвекторы в режиме «нагрев – охлаждение». Для двухсветных холлов большой высоты и объема принята сопловая раздача воздуха с изменяемым углом приточной струи. Для обеспечения регулируемого (изменяемого) дисбаланса, сокращения инфильтрации наружного воздуха, исключения перетекания загрязненного воздуха из подземной автостоянки, крытой площади, смежных помещений, примыкающих к башне через холлы, предусмотрена установка воздушных клапанов с переменным расходом (VAV) и вариометров на электроприводах вентиляторов как приточных, так и вытяжных вентиляционных установок. Изменение расхода воздуха (частоты вращения) связано с изменениями перепада внутреннего и наружного давления для защищаемых помещений.

Для IT-помещений, расположенных на офисных этажах, в качестве зональных охладителей приняты вентиляторные доводчики (фанкойлы), с внешней установкой за пределами помещений для исключения попадания влаги и с пропорциональным регулированием холодильной мощности установкой двухходовых клапанов. В приемной зоне с учетом переменных теплоступлений также будут установлены фанкойлы. Переговорные и отдельные кабинеты оборудованы охлаждающими балками. По периметру помещений разместят напольные конвекторы, способные работать в режиме как нагрева, так и охлаждения, обеспечивая зональное регулирование вблизи остекленных наружных поверхностей. ■

Окончание следует

► **Окончание.** Начало в № 1. С. 56–62

Климатический hi-tech «Охты»

Текст ЕВГЕНИЙ БОЛОТОВ, генеральный директор ООО «ВАК-инжиниринг»; ПАВЕЛ БОЛОТОВ, ведущий инженер ООО «ВАК-инжиниринг», аспирант МГСУ

ОСНОВНЫЕ ВНУТРЕННИЕ ПОМЕЩЕНИЯ БАШНИ – ОФИСНЫЕ

Учитывая пятилучевую схему поэтажной планировки, для каждого пожарного отсека (зоны) предусмотрено пять (отдельно для каждого «луча») центральных установок системы кондиционирования на технических этажах с верхним и нижним расположением по отношению к обслуживаемым этажам.

Эта схема позволяет конструктивно исключить горизонтальную разводку воздуховодов и на технических, и на обслуживаемых этажах, уменьшить сечение вертикальных шахт, компактно разместить оборудование, упростить проведение пусконаладочных работ, уменьшить влияние переменного гравитационного естественного давления, изменяющего внутреннюю аэродинамику здания.

В качестве зональных доводчиков предусмотрена установка активных охлаждающих балок (cooling beams). Объем расхода приточного воздуха может быть как с постоянным, так и сокращенным — при уменьшении численности персонала. Соответственно, уменьшается нагрузка на охлаждение и регулируется расход холодоносителя. Исходя из требования по обеспечению оптимальных параметров внутреннего микроклимата (в том числе по качеству воздуха), расчетный расход приточного воздуха принят в объеме трехкратного воздухообмена, холодильные нагрузки – по балансу. Комбинация охлаждающих балок с изменяемым расходом воздуха и периметральных систем охлаждения и нагрева позволяет обеспечить не только

оптимальные параметры внутреннего климата, но и показатели максимальной энергоэффективности, характерные для систем с переменным расходом.

Принципиальная схема кондиционирования типового офисного этажа представлена на рис. 5.

Для контроля влажности в холодный период года предусмотрено увлажнение приточного воздуха в поверхностных увлажнителях. В теплый период года приточный воздух проходит глубокое охлаждение, а затем нагревается до требуемой температуры в калориферах второго подогрева. При этом теплая вода поступает исключительно от первичного контура холодильных машин, в результате чего обеспечивается максимальный режим экономии и исключается потребность в горячей воде в теплый период года. Для сокращения суммарной холодильной мощности на систему холодоснабжения здания предусмотрена установка испарителей и конденсаторов холодильных машин центральных кондиционеров, которые работают на удаляемом воздухе.

В центральном кондиционере в холодный период года наружный приточный воздух первоначально очищается в воздушном предфильтре и фильтре, нагревается в высокоэффективном теплоутилизаторе регенеративного типа, затем в калориферах первого подогрева. Далее воздух увлажняется для экономии электрической энергии в поверхностном увлажнителе (типа Munters), нагревается в калориферах второго подогрева до температуры притока и подается через вертикальные шахты в охлаждающие балки.

В центральном кондиционере имеет ся высокоэффективный теплоутилизатор регенеративного типа с вращающимся ротором. Чтобы исключить обмерзание, ротор вращается с переменной частотой. Поверхностный увлажнитель с каплеотделителем имеет насосную установку для обеспечения регулируемого расхода рециркуляционной воды из поддона. Это сокращает расход воды на испарение при увлажнении и исключает оседание солей на поверхности сотовой насадки увлажнителя.

В теплый период года приточный воздух проходит глубокое охлаждение с конденсацией (осушкой), первоначально обеспечивается заданная влажность внутреннего воздуха в испарителе встроенной холодильной машины (первая ступень), затем водяного воздухоохладителя. Далее осуществляется догрев в калорифере второго подогрева до температуры притока на луче процесса (ε).

Чтобы исключить влияние переменных пульсаций внешнего давления от набегающего ветрового потока на наветренном и заветренном фасадах здания, с учетом его высотности, забор приточного и выброс удаляемого воздуха организованы со смежных фасадов технического этажа с ориентацией обслуживаемых зон по тем же румбам. Расстояние между воздухозаборным и вытяжным проемами составляет более 10 м.

Электродвигатели вентиляторов оснащены частотными преобразователями. В приточных и вытяжных воздуховодах установлены измерительные диафрагмы типа Halton, Flekt для контроля расходов по отдельным участкам системы кондиционирования и

выбора оптимальных режимов.

В единой технологической системе высотного здания ядро башни в прямом и переносном смысле занимает центральное место: здесь расположены основные вертикальные лифтовые и вентиляционные шахты, лестничные клетки, холлы и вестибюли. Через ядро башни проходит основной восходящий поток, определяемый прежде всего высотой здания и разностью плотностей наружного и внутреннего воздуха (так называемый «каминный эффект»).

Ядро башни связывает подземные, условно «грязные» этажи, например парковку, зоны общественного питания, рестораны, магазины, расположенные в стилобатной части комплекса, через холлы и входные вестибюли с «чистыми» этажами офисов и конференц-залов.

Помещения ядра башни ОДЦ «Охта» – входная зона офисов – представляют собой вестибюли и холлы, куда осуществляется регулируемая (изменяемая в клапанах VAV) подача приточного воздуха. Предусмотрены системы с фоновым (ограниченным на 5–6°C) охлаждением приточного воздуха.

В ядре башни кроме лестничных и лифтовых холлов размещены также технические и вспомогательные помещения и санитарно-технические узлы.

Объем удаляемого воздуха из холлов определяется общим балансом на этаже с учетом компенсации вытяжки из санузлов. Дополнительный объем компенсации реализуется перетеканием воздуха из офисных помещений этажа через коридор. Указанная схема исключает возможный перенос загрязненного внутреннего воздуха из ядра в офисы при эксфильтрации на верхних этажах башни.

Вентиляция технических и вспомогательных помещений – механическая, воздухообмен определен по нормируемой кратности. Системы предусмотрены отдельными для каждого пожарного отсека.

ЗОНАЛЬНЫЕ ХОЛОДИЛЬНЫЕ ЦЕНТРЫ. СИСТЕМА ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ БАШНИ

Потребителями холода высотной части комплекса являются центральные кондиционеры, обслуживающие офисные этажи, конференц-залы и рестораны, приточные установки с подачей охлажденного воздуха в холлы, а также охлаждающие балки, фанкойлы поэтажных IT-помещений, приемных зон и напольные периметральные конвекторы систем отопления и охлаждения.

Выбор варианта с децентрализованной схемой холодоснабжения башни с применением водоохлаждаемых холодильных



Испытательный павильон





машин был сделан на основании технико-экономического сравнения вариантов. Зональные холодильные центры (всего 10) расположены на технических этажах, что обусловлено необходимостью утилизации низкопотенциального тепла от холодильных машин и других устройств, которые повышают показатели энергоэффективности проекта, а также значительной высотой башни и удаленностью потребителей. Все это требует снижения начальной температуры холодоносителя, дополнительной установки теплообменников и увеличения мощности насосов. Технико-экономический расчет подчеркнул важность максимального повышения

энергетических показателей проекта и снижения, соответственно, эксплуатационных затрат в общем стоимостном балансе.

Структурная схема каскадного холодоснабжения башни первичного контура охлаждения холодильных машин представлена на рис. 6. Принципиальная схема зонального холодильного центра показана на рис. 7.

Дополнительными факторами, определившими выбор схемы холодоснабжения с использованием зональных холодильных центров, являются:

- наружные конденсаторные блоки, так как градирни «не вписываются» в изящные формы архитектурно-планировочных реше-



ний, принятых для башни и прилегающих зданий стилобата;

- 100%-ное остекление фасадов всех зданий комплекса, что ограничивает использование градирен из-за проблем с возможной конденсацией влаги.

Расположение объекта в устье реки Охта позволило проработать и оценить вариант применения холодильных машин с водяным охлаждением конденсаторов за счет использования охлаждающего потенциала реки Невы. При этом предусмотрены все возможные обоснованные технические решения для снижения холодильной нагрузки системы холодоснабжения и, соответственно, максимального снижения вредного воздействия на окружающую среду. При используемых в проекте решениях в холодный и переходный периоды года все тепло от холодильных машин реализуется в системах отопления и вентиляции без сброса в окружающую среду.

Чтобы реализовать поставленную задачу, максимально использовался потенциал удаляемого воздуха для охлаждения конденсаторов встроенных в центральные кондиционеры холодильных машин, что составляет от 30 до 60% суммарной потребляемой мощности системы холодоснабжения башни. Диапазон в 30% учитывает, что основным потребителем холода являются центральные кондиционеры с глубоким охлаждением и их доля увеличивается со снижением температуры наружного воздуха при сохранении кратности воздухообмена и, соответственно, объемов удаляемого воздуха.

Существенное повышение показателей энергоэффективности систем при значительном снижении фактических затрат тепловой и электрической энергии получено за счет утилизации низкопотенциального тепла от холодильных машин в теплообменниках второго подогрева центральных кондиционеров, а также для отогрева буферных зон.

Оптимальная температура охлаждающей воды определяется рядом взаимно противоположных факторов, а ее текущее значение – оптимизирующим алгоритмом. Понижение температуры воды, охлаждающей холодильную машину, приводит к повышению ее эффективности, но требует увеличения площади теплообменников в составе кондиционеров и отопительных приборов. Однако эффективная утилизация тепла от холодильных машин возможна только при их расположении непосредственно у потребителей, желательно на площади тех же технических этажей.

Для децентрализованного размещения водоохлаждаемых холодильных машин

использовалась каскадная схема первичного контура, как и для централизованного, состоящего из пяти ступеней с установкой промежуточных теплообменников с потерей 1,5–2°C холодной воды на каждой ступени. В централизованной схеме это требует работы холодильных машин в затратном, с низким КПД диапазоне температур охлаждаемой воды не выше 4–5°C для обеспечения контроля влажности и конденсации избыточной влаги на воздухоохладителях центральных кондиционеров. Для проектируемой высотной башни «Охта-центр» дополнительные электрические мощности составят в этом случае до 2–3 МВт. Дополнительная экономия на стоимости оборудования для децентрализованной схемы достигается увеличением температурного перепада в подающем и обратном трубопроводах (в отличие от 5°C для единого холодильного центра). При этом снижается площадь теплообменников и мощность насосов при пропорциональном сокращении расхода охлаждающей воды.

Зональные холодильные центры приняты на базе трех (двух) компактных унифицированных холодильных машин для внутренней установки с водяным охлаждением конденсатора. Количество холодильных машин рассчитано из условия сохранения не менее 2/3 суммарной холодопроизводительности при выходе из строя одной холодильной машины. Габариты и вес (до 2000 кг) машин позволяют использовать стандартный грузовой лифт для их транспортировки на технический этаж в собранном виде.

Система холодоснабжения объединяет разнохарактерных по температурным параметрам и режиму работы потребителей и принята с переменным расходом холодоносителя при постоянном его расходе через холодильные машины (см. рис. 8). Компоновка холодильного центра и наличие программ управления в составе выделенных локальных контроллеров системы автоматизации работы холодильных машин, насосов, регулирующих и отсежных клапанов позволяют оптимизировать работу оборудования, иметь высокий КПД при различной нагрузке по холоду для ряда помещений с большим коэффициентом обеспеченности VIP-класса (серверные, технологическое охлаждение и пр.). Представленная схема позволяет для большей части обслуживаемых помещений иметь коэффициент обеспеченности 1,0, даже при превышении параметров наружного воздуха над расчетными значениями, за счет перераспределения холодильной мощности между потребителями.



Холодильные машины объединены по принципу «ведущий-ведомый» и обеспечивают регулирование холодопроизводительности в зависимости от нагрузки потребителей. Система холодоснабжения закрытая. Холодоносителем в системе является вода с параметрами 7–120°C. Чтобы исключить образование конденсата, для охлаждающих балок системы кондиционирования офисов, конвекторов офисной части и буферных зон в режиме охлаждения используют воду с параметрами 14–19°C.

Выводы

Таким образом, в проекте инженерных систем высотной башни ОДЦ «Охта» реализована централизованная схема вентиляции и кондиционирования воздуха в сочетании с децентрализованной схемой холодоснабжения. Каждая схема имеет свои достоинства и недостатки, и ее выбор обусловлен детальным учетом особенностей проектируемого объекта и является результатом технико-экономического сравнения вариантов. Например, ранее для инженерных систем офисного высотного многофункционального комплекса «Сити-Палас» (участки 2, 3 ММДЦ «Москва-Сити») была использована комбинация поэтажных систем вентиляции и кондиционирования воздуха (децентрализованная схема) при центральном холодильном центре мощностью 14 МВт. Проект также выполнен компанией RMJM Scotland Ltd. (Великобритания, архитектурные решения и конструктив) с участием российской компании «ВАК-инжиниринг» (Москва). Описание и обо-

снование принятых решений приведено в журнале «АВОК» № 8 за 2008 год.

Для зданий со 100%-ным остеклением фасада даже при использовании тонированного остекления следует ожидать значительных тепловых нагрузок в связи с поступлением тепла от солнечной радиации, прямой и рассеянной. Однако наличие промежуточных буферных зон и дополнительная защита внутренней нитки остекления обеспечивают накопление и утилизацию тепла из буферных зон в холодный период года или его удаление за счет аэрации, без привлечения дополнительной холодильной мощности. Первоначальная концепция предполагала более широкое использование аэрации для естественного проветривания собственно офисных помещений, но внимательное рассмотрение воздушного режима высотного здания с учетом требования обеспечить повышенные нормативные сопротивления воздухопроницаемости для всех элементов ограждающих конструкций, включая и внутреннее остекление, исключает расширенное применение аэрации именно для высотных комплексов. Значительная экономия электрической мощности на компрессорах холодильных машин достигается за счет использования схемы холодоснабжения с зональными холодильными центрами.

Тепло от холодильных машин утилизируется в центральных кондиционерах и отопительных конвекторах. В системе пофасадного отопления, совмещенного с охлаждением, реализуется утилизация тепла с солнечной стороны (охлаждение) на зате-

